

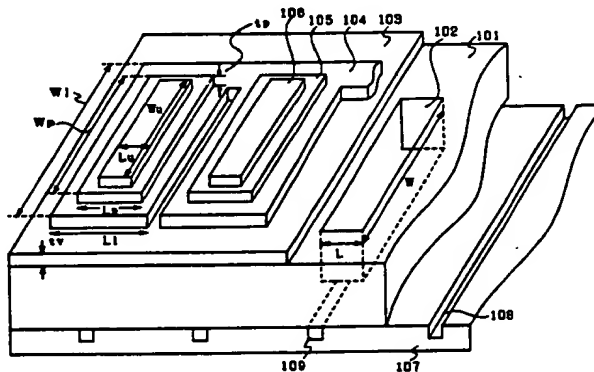


## 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 B41J 2/045		A1	(11) 国際公開番号 WO 93/22140
		(43) 国際公開日 1993年11月11日 (11.11.1993)	
(21) 国際出願番号 PCT/JP93/00524		(81) 指定国 JP, US.	
(22) 国際出願日 1993年4月23日 (23. 04. 93)		添付公開書類 国際調査報告書	
(30) 優先権データ 特願平4/104762 1992年4月23日 (23. 04. 92) JP 特願平4/280091 1992年10月19日 (19. 10. 92) JP 特願平5/10226 1993年1月25日 (25. 01. 93) JP 特願平5/29330 1993年2月18日 (18. 02. 93) JP 特願平5/57430 1993年3月17日 (17. 03. 93) JP 特願平5/72426 1993年3月30日 (30. 03. 93) JP			
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 Tokyo, (JP)			
(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 長谷川和正 (HASEGAWA, Kazumasa) [JP/JP] 島田勝人 (SHIMADA, Masato) [JP/JP] 澤田昌志 (SAWADA, Masayuki) [JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP)			
(74) 代理人 弁理士 鈴木喜三郎, 外 (SUZUKI, Kisaburo et al.) 〒163 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 セイコーエプソン株式会社内 Tokyo, (JP)			

## (54) Title : LIQUID JET HEAD AND PRODUCTION THEREOF

## (54) 発明の名称 液体噴射ヘッド及びその製造方法



## (57) Abstract

A head for jetting a liquid using a piezoelectric device, more particularly a liquid jet head and a method of production thereof which reduces the size, attains a higher density and improves liquid jet characteristics using a PZT thin film piezoelectric device, and has high producibility. A thin piezoelectric device comprising a thin diaphragm (103), a lower electrode (104), a piezoelectric film (105) and an upper electrode (106) is formed on a liquid chamber (102) and a plurality of the devices are disposed on the same substrate. The pitch of disposition of the liquid chambers (102) is the same as that of the nozzles (109), and the dimension of the liquid chambers, the thickness of the piezoelectric films (105) and the thickness of the diaphragm (103) are so constituted as to satisfy a specific relation. A first substrate (101) on which the piezoelectric devices, the liquid chambers (102), etc. are formed and a second substrate (107) on which liquid flow paths (108) are formed are bonded and integrated with each other so as to constitute the liquid jet head. The production method comprises: 1) forming the diaphragms on the substrate and forming the piezoelectric devices on the diaphragms using a thin film forming technique, and then 2) disposing means for protecting the surface of the substrate on the side of the piezoelectric device by a jig, etc. and forming the liquid chambers by etching from the opposite surface. The liquid jet head of this invention is preferably used for a liquid jet recording apparatus for recording characters, image data, etc. on a medium such as paper using an ink.

## (57) 要約

圧電素子を用いて液体を噴射する液体噴射ヘッドであって、特にPZT薄膜圧電素子を用い、小型化・高密度化・液体噴射特性の向上を図り、かつ優れた製造性を有する液体噴射ヘッドとその製造方法に関する。

液室(102)上には、薄い振動板(103)と下電極(104)・圧電膜(105)・上電極(106)からなる薄い圧電素子が形成され、これらが同一の基板上に複数個配置されている。そして、液室(102)の配列ピッチとノズル(109)の配列ピッチとは同一であると共に、液室寸法、圧電膜(105)の厚み、振動板(103)の厚みが特定の関係になるように構成されている。

また、圧電素子、液室(102)等が形成された第1の基板(101)と液体流路(108)が形成された第2の基板(107)を接合一体化して液体噴射ヘッドを構成することが望ましい。

製造方法としては、薄膜形成技術を用いて、1)基板上に振動板を形成し、さらに、その上に圧電素子を形成した後、2)圧電素子側の面を治具等により保護する手段を設けて、その反対側の面からエッチングにより液室を形成するように構成した。

本発明の液体噴射ヘッドは、紙などの媒体上にインクを用いて文字・画像情報を記録する液体噴射記録装置に好ましく用いられる。

### 情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT オーストリア  
AU オーストラリア  
BB バルバードス  
BE ベルギー  
BF ブルキナ・ファソ  
BG ブルガリア  
BJ ベナン  
BR ブラジル  
CA カナダ  
CF 中央アフリカ共和国  
CG コンゴ  
CH スイス  
CI コート・ジボアール  
CM カメルーン  
CS チェッコスロヴァキア  
CZ チェッコ共和国  
DE ドイツ  
DK デンマーク  
FI フィンランド  
ES スペイン

FR フランス  
GA ガボン  
GB イギリス  
GN ギニア  
GR ギリシャ  
HU ハンガリー  
IE アイルランド  
IT イタリア  
JP 日本  
KP 朝鮮民主主義人民共和国  
KR 大韓民国  
KZ カザフスタン  
LI リヒテンシュタイン  
LK スリランカ  
LU ルクセンブルグ  
MC モナコ  
MG マダガスカル  
ML マリ  
MN モンゴル  
MR モリタニア

MW マラウイ  
NL オランダ  
NO ノルウェー  
NZ ニュージーランド  
PL ポーランド  
PT ポルトガル  
RO ルーマニア  
RU ロシア連邦  
SD スーダン  
SE スウェーデン  
SK スロヴァキア共和国  
SN セネガル  
SU ソヴェト連邦  
TD チャド  
TG トーゴ  
UA ウクライナ  
US 米国  
VN ヴェトナム

## 明 細 書

## 液体噴射ヘッド及びその製造方法

## 【技術分野】

本発明は、液体噴射記録装置に好適に用いられる液体噴射ヘッド及びその製造方法に関する。

一般に液体噴射記録装置は、液室、ノズル、液体流路を有する液体噴射ヘッド、並びにインク供給系とを具備し、液室内に充填しているインクにエネルギーを与えることにより、液室内のインクが液体流路に押し出され、その結果ノズルからインク滴が噴射され、これにより文字・画像情報の記録が行われるものである。インクにエネルギーを与える手段としては、圧電素子を用いて液室内を加圧する手段、またはヒータを用いて液室内インクを加熱する手段が広く利用されている。

本発明は、特に圧電素子を用いて液室内を加圧する手段をもつ、液体噴射ヘッド及びその製造方法に関する。

## 【背景技術】

上述したような液体噴射ヘッドや、本発明に関わる構成要素の従来技術としては、特公昭62-22790号、特開平2-219654号、米国特許4312008号、鳥居他（ジャパニーズジャーナルオブアプライドフィジックス、Vol. 30、No. 12B、1991年12月、3562～3566ページ）、特公平4-43435号、特開平3-124450号に開示されたものがある。

特公昭62-22790号においては、液室に対応した個所の厚さを薄くした基板上に電極形成し、スパッタリング・印刷等の薄膜形成方法により、前記液室に対応した個所にPZT薄膜を形成する、液体噴射ヘッドの製造方法が開示されている。

特開平2-219654号においては、ノズルが設けられた半導体基板上に積層形成した薄板に液室並びに液体流路が形成され、液室上部に積層形成された振動板、前記振動板上部に設けられた圧電振動子よりなる液体噴射ヘッド、及び、ノズルを半導体基板に形成し、前記半導体基板上にドライフィルムを接着し、前記ドライフィルム上に振動板、下電極、圧電膜、上電極と積層し、前記ドライフ

ィルムを除去して形成する液体噴射ヘッドの製造方法が開示されている。

米国特許4312008号においては、基板表面に形成された液体流路及び基板を貫通する液室を具備し、前記基板の両表面に基板を接合し、圧電体を備えて成る液体噴射ヘッドが開示されている。

鳥居他（ジャパニーズジャーナルオブアブライドフィジックス、V o l . 3 0、N o . 1 2 B、1991年12月、3562～3566ページ）においては、P Z T 薄膜の下電極に白金を用いることが開示されている。

特公平4-43435号においては、絶縁性薄膜上に下地金属薄膜、白金膜を形成し、前記白金膜の表面が結晶粒成長によって凹凸状となる温度で熱処理する、圧電性薄膜用の電極形成方法が開示されている。

また、特開平3-124450号は本発明者らによるものであるが、単結晶珪素基板の一表面からノズルを形成し、前記単結晶珪素基板の別表面にp型単結晶珪素をエピタキシャル成長させ、更に圧電素子を形成し、その後前記p型珪素層及び単結晶珪素基板をエッチングし、液室及び片持ち、両持ち振動板を形成する液体噴射ヘッドの製造方法が開示されている。

しかしながら、前記従来技術による液体噴射ヘッド、その構成要素、それらの製造方法においては、以下に示すような解決されるべき問題がある。

特公昭62-22790号においては、クレーム中に構成要素の厚み設定はないものの、実施例中のP Z T 厚み $t_p$ が $50\mu m$ 、振動板厚み $t_v$ が $50\sim 100\mu m$ 程度と設定されていて、 $t_p + t_v$ が $10\mu m$ 程度以下の領域について念頭におかれていないことが明確である。 $t_p + t_v$ が $100\mu m$ 程度であれば、これがまだ厚すぎるためP Z T に電圧を印加した時の振動板の変形量が小さく、液体噴射可能なほど液室の体積を変形させるためには、同実施例中にも記載されているように、円形で直径2mm程度の大きさの液室が必要となる。この時、解像度を向上させようとする、同実施例に示されている如く、液室ピッチ>ノズルピッチ の平面構成となり、面積的な効率が悪い。すなわち、ノズルが7個ある液体噴射ヘッドの平面サイズが $20mm \times 15mm$ にもなってしまふ。更にノズル数を増やそうとすれば、平面サイズが飛躍的に大きくなるのみならず、液室とノズルを結ぶ液体流路が長くなり、その流路抵抗が大きくなり、液体噴射動作

の速度が極端に低下する。

更に同従来例においては、液室に対応した個所に薄い振動板を形成し、その上にPZTを形成する製造方法であるが、本発明者らの実験によれば、液室、振動板を形成した後にPZTを形成する方法において、前記 $t_p + t_v$ を更に薄くした場合、例えば $t_p$ を $3\mu m$ 、 $t_v$ を $1\mu m$ にした場合、製造工程中に振動板にたるみ、しわ、破壊等の現象が起こり、液体噴射ヘッドの製造歩留まりが極端に低下した。

特開平2-219654号においては、ノズルが面方位(100)のSi基板を加工することにより形成されている。例えば厚さ $300\mu m$ 程度の(100)Si基板を異方性エッチングしてノズル形成する場合、エッチングレートの遅い(111)面との角度関係により、ノズル寸法を $30\mu m$ 角としても、これと反対側の基板表面の開口部が不可避免的に $400\mu m$ 角程度になる。このため、ノズルピッチは $400\mu m$ 以下にならず、せいぜい60dpi(dot per inch)程度の解像度にしかならない。すなわち、液体噴射ヘッドのノズル高密度化が不可能である。

更に、同従来例中の実施例においては、圧電膜及び上下電極が共に液室より大きく形成されており、そのような構成では、圧電膜への電圧印加の際に効率的に振動板を変形させ、液体を噴射させることが不可能である。また、効率的に液体を噴射させるための圧電膜、上下電極、液室の大きさ関係や厚み関係について言及されていない。

更に、同従来例中の実施例においては、振動板に $SiO_2$  1層が用いられている。 $SiO_2$ は、ヤング率が $10^{10}N/m^2$  台と小さく、その上部に圧電薄膜を形成し電圧印加して前記圧電薄膜が横方向に変形する時、同時に横方向に大きく伸びてしまい、縦方向への変形がそれほど大きくなる。すなわち、振動板に $SiO_2$  1層を用いた場合も、圧電膜への電圧印加の際に効率的に振動板を変形させ、液体を噴射させることが不可能である。また、効率的に液体を噴射させるための振動板特性や材料については言及されていない。

米国特許4312008号においては、そのクレーム中に、圧電結晶が振動板上に取り付けられる構成との記述がある。またその実施例中においてもインジウ

ムをベースとした半田で取り付ける記述があり、前記特公昭62-22790号に示される以上の厚みの圧電体を対象としているのが明白である。従って、前記特公昭62-22790号同様実質的にノズル高密度化ができない。また、この米国特許4312008号において、異方性エッチングを用いて液体流路を形成する場合にあっては、Si基板の面方位により流路形状が決定されてしまい、その自由な選択が不可能であった。例えば、(100) Siを用いた場合、液体流路の断面形状は逆三角形となり、一方(110) Siを用いた場合は長方形となる。液体流路が逆三角形の場合は、気泡が溜まりやすくなり、トラブルの原因となる。また、(110) Siに長方形となる液体流路を形成する場合、その深さの制御が困難であり、出来上がりの深さが不均一になるため、液体噴射特性にばらつきを生じる。

更に液体流路と液室との接点においてアンダーカットエッチングが不可避免的に生じ、このため接点形状がまちまちとなり、液体噴射特性が一定しない。更に加えて、同従来例においてはSi基板封止用の基板を2枚必要とし、2回の接着工程を要するため、製造工程が複雑化し、製造コストにおいても不利を伴う。

鳥居他（ジャパニーズジャーナルオブアプライドフィジックス、Vol. 30、No. 12B、1991年12月、3562～3566ページ）においては、PZT膜の下電極として、SiO<sub>2</sub>上に直接白金膜が形成されている。しかしながら、このような構成とした場合、酸化珪素と白金との密着性に問題があることは周知の事実であり、本発明者の実験においても、PZT膜形成時またはその後の熱処理時や、完成後の動作時に酸化珪素と白金の間に剥がれが生じた。また、以上の如き問題点を解決し、酸化珪素等の絶縁材料と白金との密着性を向上させるため、特公平4-43435号に示されるように白金と絶縁材料の間にチタンを挿入すればよいことが知られているが、PZT膜形成時やその後の熱処理時に、白金表面に突起が生じ、これがPZT膜の耐電圧を低下させていた。

特開平3-124450号においては、単結晶珪素基板の異方性エッチングを行う時に圧電素子側の面に自動的にエッチング液が回り込む構成であり、この時単結晶珪素基板の異方性エッチング液、例えば水酸化カリウム水溶液により、圧電素子がサイドエッチングされる現象が起こり、これが液体噴射ヘッドの歩留ま

りを低下させていた。

本発明は上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、以下の点を目的とするものである。

(1) 効率的な液体噴射動作をさせることを可能とし、ノズル数を増やしても平面的に小型で、ノズル高密度化の図られた液体噴射ヘッドを提供すること。

(2) 表面の突起密度の少ない下電極を実現し、耐電圧の大きなP Z T膜を実現し、液体噴射特性の向上が図られた液体噴射ヘッドを提供すること。

(3) 液室や液体流路の形状、深さを制御することを容易とし、気泡溜まりや液体噴射特性ばらつきがなく、更にはその設計の自由度を向上することができる液体噴射ヘッドを提供すること。

(4) 以上の液体噴射ヘッドを実現するため、薄い振動板や圧電素子を形成しても高い製造歩留まり率を達成できる液体噴射ヘッド及びその製造方法を提供すること。

#### 【発明の開示】

本発明の液体噴射ヘッドは、圧電膜としてP Z T (チタン酸ジルコン酸鉛)を用い、液室の配列ピッチをノズルの配列ピッチと同一にし、

さらに、液室の配列方向長さをL、液室の奥行き方向長さをW、P Z Tの厚みを $t_p$ 、振動板の厚みを $t_v$ とした時、以下の関係を満足することを特徴としている。

$$1) \quad 10 \leq W/L \leq 150$$

$$2) \quad t_p \geq t_v$$

$$3) \quad 0.012 \leq (t_p + t_v)/L < 0.08$$

このようにすることによって、液体噴射効率に優れると共に、ノズルの高密度化、液体噴射ヘッドの小型・高集積化を図ることができる。

また、液室が形成された基板が面方位(110)の単結晶珪素から成り、液室の奥行き方向を $\langle 1/2 \rangle$ または $\langle 1/12 \rangle$ 方向となるよう構成している。このことにより、液室寸法の高精度化が可能になる。

また、液室の配列方向における上電極の長さを $L_u$ 、液室の配列方向における

PZTの長さを $L_p$ 、液室の配列方向における下電極の長さを $L_l$ とし、これらの関係を

$$L_u \leq L_p < L_l$$

となるように構成している。このことにより、製造プロセス上の問題がなく、かつリーク電流が抑えられた圧電素子を構成することが可能である。

また、液室の配列方向長さ $L$ と液室の配列方向における上電極の長さ $L_u$ との関係を

$$L > L_u$$

となるように構成している。このことにより、振動板を効率的に変形させることができるので、液体噴射を効率的に行なうことができる。

また、液室の奥行き方向における上電極の長さ $W_u$ 、液室の奥行き方向におけるPZTの長さ $W_p$ 、液室の奥行き方向における下電極の長さ $W_l$ 、及び液室の奥行き方向長さ $W$ との関係を

$$W < W_u < W_p < W_l$$

となるように構成している。このことにより、製造プロセス上の問題がなく、かつリーク電流が抑えられた圧電素子を構成することが可能である。さらに、上電極からの電極の取り出しを容易に行なうことができる。

また、振動板のヤング率が $1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 以上となるように構成している。このことにより、振動板の変形量が増大し、余裕を持った液体噴射動作が可能となる。特に、振動板のヤング率が $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 以上であれば、振動板の変形量が格段に増大し、液室の奥行き方向長さ $W$ を減少させることができ、液体噴射ヘッドの小型化・高速化が可能となる。

振動板として好適な材料としては、窒化珪素、窒化チタン、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化タンタル、窒化タングステン、窒化ジルコニウム、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、炭化珪素、炭化チタン、炭化タングステン、炭化タンタルのいずれかを主成分とする材料、または、前記材料を2種類以上含むものを主成分とする材料等が挙げられる。

また、振動板を、ヤング率が $1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 以上（望ましくは $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 以上）の材料層と、酸化珪素層との積層構造とし、酸化珪素層を材料層

の上下の内少なくとも一方に配置するように構成することが望ましい。このことにより、下電極あるいは基板との密着性が強化されるので、製造上の歩留まりを向上させることができる。

また、振動板と下電極の間に、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化チタンのいずれかを主成分とする材料層、または、前記材料を2種以上含むものを主成分とする材料層を挿入して構成してもよい。このことにより、高温熱処理が可能となり、PZT膜の圧電特性を向上させることができる。

また、下電極を2層構造とし、振動板に接する層をチタン、PZTに接する層を白金または白金を含む合金とし、チタンの厚みを80 Å以下となるように構成してもよい。このことにより、PZT膜の耐電圧を向上させることが可能である。

さらに、液室とその開口部を覆うようにして振動板、圧電素子がこの順序で形成されて成る第1の基板と、液体流路が形成されて成る第2の基板とを、第1の基板に形成された液室と第2の基板に形成された液体流路とが連通するように接合一体化して成ることを特徴としている。

このことにより、液体流路の形状、深さを制御することが容易となり、また、液体流路と液室との接点形状を一定とすることが可能となり、その設計上の自由度を向上させることが可能となると共に、気泡溜まりや液体噴射特性のばらつきの原因を除去することが可能となる。

また、液室の内表面に親水性材料層を形成するように構成することが望ましい。このことにより、液体として水をベースにした材料を用いた場合、液室や液体流路と液体との濡れ性が向上し、気泡の発生が少なくなる。

また、第1の基板と第2の基板とを接合した断面の開口部をノズルとするように構成してもよい。このことにより、一般的に高価な別部品であるノズル板を不要にすることができる。

また、第2の基板にノズルを形成するようにしてもよい。このことにより、ノズルを更に高密度化することが可能となる。

さらに、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法は、

基板上に振動板を形成する工程、

振動板上に下電極、圧電膜、上電極と積層し圧電素子を形成する工程、

基板の圧電素子側の面を保護する手段を設けて、基板の圧電素子と反対側の面の所定部分に液室を形成する工程を有することを特徴とする。

このことにより、非常に薄い振動板及び圧電素子を用いても歩留まりよく液体噴射ヘッドを形成することが可能となる。

また、液室が形成された第1の基板の液室開口部側に、液体流路が形成された第2の基板を接合する工程を含むように構成している。このことにより、接着工程が1回で済むため工程が簡略化され、液体噴射ヘッドの低価格化が可能になる。

また、基板上に酸化珪素層を形成する工程、液室を形成する工程と同一工程またはその後に液室に接して成る前記酸化珪素層をエッチング除去する工程を含むことにより、製造プロセス中における振動板の割れや剥がれを防ぐことができ、製造歩留まりを向上させることができる。

また、振動板に圧電素子を形成する工程内で圧電膜を加熱処理する第1加熱工程、基板に液室を形成した後、圧電膜を再加熱する第2加熱工程を含むようにしてもよい。このことにより、PZT膜の圧電ひずみ定数が大きくなり圧電特性を向上させることが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は、本発明の実施例における液体噴射ヘッドの斜視図であり、第2図(a)ないし(c)は、第1の基板101に圧電素子及び液室を形成するまでの製造工程を示す断面図である。

第3図(a)は、基板101の異方性エッチング時に圧電素子側の面を保護するための治具の構成図、同図(b)は基板101を治具に固定した状態の断面図である。

第4図は、本発明の液体噴射ヘッドの実装構造の概念図である。

第5図は、振動板を積層構造とした液体噴射ヘッドにおける、圧電素子、液室を形成した基板の断面図であり、第6図は、振動板と下電極の間に酸化アルミニウム層を挿入した液体噴射ヘッドにおける、圧電素子、液室を形成した基板の断面図であり、第7図は、液室内表面に親水性材料層を形成した液体噴射ヘッドに

おける、圧電素子、液室を形成した基板の断面図である。

第8図(a)は、本発明の第2の基板107にノズルを形成した液体噴射ヘッドにおける平面図、同図(b)はその断面図である。

第9図は、本発明の液体噴射ヘッドを用いた液体噴射記録装置の概念図である。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

##### (実施例1)

第1図は、本発明の実施例における液体噴射ヘッドの斜視図である。

図において、液室102上に形成された振動板103、及び下電極104、圧電膜105、上電極106から構成される圧電素子が形成された第1の基板101と、液体流路108が形成された第2の基板107を接合して成る構成となっている。109は第1の基板101と第2の基板107を接合した断面の開口部に形成されたノズルである。ここで、液室102とノズル109は、同一のピッチで複数個配列されている。

この液体噴射ヘッドの動作を簡単に説明すると、下電極104と上電極106の間に電圧を印加し、下電極104、圧電膜105、上電極106よりなる圧電素子、及び振動板103を変形させ、液室102の体積を減少させ、液室102内に充満しているインクを液体流路108へ押し出し、ノズル109よりインクが噴射される動作となる。

以下、製造工程に従って本発明の液体噴射ヘッド及びその製造方法を詳細に説明する。

第2図(a)、(b)、(c)は、本発明の実施例における、第1の基板101に圧電素子及び液室を形成するまでの製造工程を示す断面図である。なお、この断面図において、紙面に垂直な方向が液室の奥行き方向となる。

面方位(110)の単結晶珪素による第1の基板101を1200℃で熱酸化し、基板101の両面に酸化珪素層201を厚み5000Å形成する。そして、基板101の片面に振動板103を形成する。振動板103は、例えば窒化珪素をPECVD法(プラズマ化学気相成長法)により厚み1μmに形成し、窒素雰

雰囲気中800℃で熱処理を行い形成する。更に、基板101の両面にフォトリジストを形成し、振動板103を設けた側と反対側の表面に開口部を設け、酸化珪素層201を弗酸と弗化アンモニウムの水溶液でパターニングし、開口部202を形成し、第2図(a)に示す断面図となる。この時開口部202の奥行き方向、すなわち紙面に垂直な方向を<112>または<112>方向としておく。

そして、振動板103上に、下電極104をスパッタリング法でチタンを厚み50Å、白金を厚み2000Åと、この順に形成し、そのパターニングを王水の水溶液で行う。次に、圧電膜105としてPZTを厚み3μmにスパッタリング形成し、塩酸の水溶液でパターニングする。PZT膜の形成方法は、近年いろいろな方法が試みられているが、本発明者らは、ニオブを混入した変性PZTに酸化鉛を過剰に加えた焼結体ターゲットを用いて、アルゴン雰囲気中基板加熱なしで高周波スパッタリングを行い形成した。前記PZTのパターニング後、酸素雰囲気中700℃にて加熱処理を行い、更に上電極106をスパッタリング法でチタンを厚み50Å、金を厚み2000Åと、この順に形成し、ヨウ素とヨウ化カリウムの水溶液でパターニングし、第2図(b)に示す断面図となる。

その後、保護膜203を感光性ポリイミドで厚み2μmに形成し、図示しない電極取り出し部の保護膜を現像により取り除き、400℃で熱処理を行う。次に、保護膜203を形成した圧電素子側の面を、第3図に示す治具により保護し(詳細は後述する)、水酸化カリウム水溶液に浸せきし、酸化珪素層201の開口部202から単結晶珪素基板101の異方性エッチングを行い、液室102を形成する。この時単結晶珪素基板101の面方位が(110)であり、更に開口部202の奥行き方向が<112>または<112>方向であるから、液室102の奥行き方向の辺を形成する側壁の面を(111)面とすることができる。水酸化カリウム水溶液を用いた場合、単結晶珪素の(110)面と(111)面のエッチングレート比は300:1程度となり、300μmの深さの溝をサイドエッチング1μm程度に抑えて形成することができ、液室102が形成される。そして、基板101を前記治具に固定したまま、振動板103に接している酸化珪素を弗酸と弗化アンモニウムの水溶液でエッチング除去し、第2図(c)に示す断面図となる。

本実施例においては、保護膜203を付けない状態で液室102を形成した後、再び酸素雰囲気中700℃にて熱処理を行なうようにし、更に保護膜を形成するようにしてもよい。これは、圧電膜(PZT膜)105に対して2度の熱処理を行なうことにより、圧電特性をさらに向上させることができるためである。この効果の詳細な理由は明確ではないが、圧電膜を構成するPZTの焼結が進んでその結晶粒径が大きくなり、その結果圧電ひずみ定数が上昇するものと推定される。

第3図(a)、(b)は、前述の如く、本発明の実施例における、基板101の異方性エッチング時に圧電素子側の面を保護するための治具を示した図であり、同図(a)は治具の構成図、同図(b)は基板101を治具に固定した状態の断面図である。

片側に開口部を有し、その内壁面にネジ山が切られた円筒状の固定枠301に、Oリング302、基板101、Oリング302の順にはめ込み、その外壁面にネジ山が切られた固定リング303を前記固定枠301の内壁にねじ込み、固定する構成となっている。この時、基板101のエッチングを行う側の面を固定枠301の開口部側にしておく。第3図(b)に示される状態で水酸化カリウム水溶液等のエッチング液に浸せきされるわけであるが、この時、固定リング303、Oリング302、及び基板101のエッチングを行う面とで封じられるため、エッチング液は基板101の圧電素子側へ回り込まないようにすることができる。治具の素材としては、本発明者らはポリプロピレンを用いた。

第4図は、本発明の実施例における、液体噴射ヘッドの実装構造の概念図である。

図において、圧電素子及び液室が形成された第1の基板101と液体流路108が形成された第2の基板107を接合し、ノズル109と液体導入孔404が形成される。液体導入孔404側を基材401で囲み、液体室403が形成される。この液体室403には外部から液体が供給されるようになっている(図示せず)。基材401は実装基板402に取り付けられる。第2の基板107は、プラスチックを射出成形することにより、液体流路108と一体形成した。

以上が本発明の液体噴射ヘッドの概要である。

次に、液室・電極の寸法、圧電膜の厚み・寸法、振動板の厚みなどの関係につ

いて述べる。本発明者らは、上述した液体噴射ヘッドを用いて液体噴射実験を行ったところ様々な知見を得た。

本発明者らはまず、液室102、下電極104、PZTによる圧電膜105、上電極106の平面的な位置関係を設定した。

まず、下電極104と圧電膜105、上電極106に関して、前記製造工程に従って上電極形成工程まで行い評価してみた。

下電極より上電極が大きい場合と、その逆で上電極より下電極が大きい場合とを比べてみると、前者は上下電極間のリーク電流が2桁程度後者に比べて多くなることがわかった。これは、下電極端部におけるPZT膜のリーク電流が大きいことによるものと考えられる。

更に、上電極より下電極が大きい場合において、PZT膜が下電極より大きい場合と、PZT膜が下電極より小さい場合においては、前者はPZT膜端部が下地の窒化珪素からめくれ上がってしまったのに対し、後者は膜剥がれ等なく形成できた。これは、PZT膜と窒化珪素層の密着性が不十分であるためと考えられた。従って、以上の結果から、

上電極 $\leq$ PZT膜<下電極

の大小関係とすること、すなわち、液室の配列方向における上電極長さを $L_u$ 、液室の配列方向におけるPZT長さを $L_p$ 、液室の配列方向における下電極長さを $L_l$ とした場合、

$$L_u \leq L_p < L_l$$

という大小関係にすること、及び、液室の奥行き方向における上電極長さを $W_u$ 、液室の奥行き方向におけるPZT長さを $W_p$ 、液室の奥行き方向における下電極長さを $W_l$ とした場合、

$$W_u < W_p < W_l$$

という大小関係にすることにより、製造プロセス上の問題がなく、かつリーク電流が抑えられた圧電素子を構成することができた。

更に、上電極106からの電極取り出しを行うため、前記製造工程に従い、液室102まで形成した後、上電極106にワイヤボンディングをしたみた。そうしたところ、液室102真上の上電極106にワイヤボンディングを行った場合、

圧力で振動板 103 が破壊してしまった。これに対して、液室の奥行き方向に上電極 106 を引き伸ばした場合、すなわち液室の奥行き方向の長さを  $W$ 、液室の奥行き方向の上電極長さを  $W_u$  とし、

$$W < W_u$$

という大小関係にする。そして、上電極 106 下に基板 101 が存在している部分（液室 102 が存在していない部分）にワイヤボンディングを行なったところ、問題なく実施できた。従って、以上の結果から、

$$W < W_u$$

とすることにより、上電極 106 からの電極取り出しが容易となることがわかった。

次に、前記  $L_u \leq L_p < L_l$  という条件のもとで、液室 102 の配列方向長さ  $L$  との関係について、液室中央部における振動板 103 の変形量を調べることにより最適化実験を行った。なお、振動板、下電極、PZT、上電極の材料、厚みは前述のものとした。そして、液室配列方向の辺の中央に圧電素子の中央を配置し、左右対称となるようにした。また上下電極間の印加電圧は 30V とした。 $L = 100 \mu m$  固定とし、 $L_u$ 、 $L_p$ 、 $L_l$  をそれぞれ変えたときの結果を以下の表 1 に示す。

$L_u (\mu m)$	$L_p (\mu m)$	$L_l (\mu m)$	変形量 ( $\mu m$ )
106	112	118	0
82	112	118	0.5
82	88	118	0.7
82	88	94	0.7

【表 1】

以上の表 1 に示されるように、配列方向における、液室 102 と P Z T 膜 105 や下電極 104 の大小関係は、振動板変形量にはあまり影響を与えない。しかし、液室 102 と上電極 106 の大小関係は、振動板変形量に影響を与え、液室 102 より上電極 106 が大きくなれば、振動板変形量が低下する。この結果により、圧電素子の変形部分が液室内部に収まるようにすれば、効率的な振動板変形をさせることができるものと考えられる。そのような状態にする平面的な位置関係は、液室配列方向において、

液室の配列方向長さ  $L >$  液室の配列方向の上電極長さ  $L_u$  である。

以上述べた平面的なサイズ関係のもとで、次に液体噴射実験を行った。液体としては、水系インクを用いた。液室の配列方向長さ  $L$  (単位  $\mu m$ )、液室の奥行き方向長さ  $W$  (単位  $\mu m$ )、P Z T 膜厚み  $t_p$  (単位  $\mu m$ )、振動板厚み  $t_v$  (単位  $\mu m$ ) をパラメータとして、ノズル 109 から 5 mm 離れた部分で液体噴射速度 (単位  $m/sec$ ) を測定した。P Z T 膜への印加電界は  $5 V/\mu m$  とした。なお、振動板材料、下電極材料及び厚み、上電極材料及び厚み、保護膜材料及び厚みは前述のものとした。結果を以下の表 2 に示す。

L	W	t p	t v	液体噴射速度
100	15000	0.8	0.4	5
〃	〃	0.7	〃	噴射せず
〃	〃	3	1	15
〃	〃	〃	3	17
〃	〃	〃	5	噴射せず
200	2000	4	2	10
〃	1000	〃	〃	噴射せず

【表2】

以上の結果について考察してみる。

まず、 $L = 100 \mu m$ 、 $W = 15000 \mu m$ 、 $t v = 0.4 \mu m$ という条件において、 $t p = 0.8 \mu m$ の場合は液体は噴射し、 $t p = 0.7 \mu m$ の場合は液体は噴射しない。これは、液室内の液体に与える圧力が $t p = 0.7 \mu m$ においては不足のためであると考えられる。材料力学の教えるところによれば、一般的に液室内の液体に与える圧力は、おおむね $t p + t v$ の3乗に比例し、 $L$ の3乗に反比例する。従って、この条件に上記の実験結果をあてはめると、

$$(t p + t v)^3 / L^3 \geq 1.7 \times 10^{-6}$$

すなわち、

$$(t p + t v) / L \geq 0.012$$

と範囲設定すれば、液室内液体に与える圧力としては、液体を噴射させるだけのものを与えることができる。また、前記不等式の左辺が大きくなれば、液体噴射特性は向上することが期待され、実際、 $t_p = t_v = 3 \mu m$ の時、液体噴射速度  $17 m/sec$  を記録している。

ところが、 $t_p = 3 \mu m$ 、 $t_v = 5 \mu m$ の時、液体は噴射しなかった。これは、振動板 103 が厚くなってその剛性が高まり、液体を噴射させるだけの量の変形をしなくなるためである。従って、振動板 103 が厚くなりすぎるのは望ましくなく、前記不等式に数値条件を当てはめると、

$$(t_p + t_v)^3 / L^3 < 5.12 \times 10^{-4},$$

すなわち、

$$(t_p + t_v) / L < 0.08$$

とすることが必要となる。この不等式の意味するところは、液室の配列方向長さ  $L$  を短くして、液体噴射ヘッドのノズル高密度化を行うためには、PZT 厚み  $t_p$  と振動板厚み  $t_v$  の和を小さくすることが必要ということである。逆に言えば、 $t_p + t_v$  を小さくすることにより、 $L$  を小さくすることができ、ノズル高密度化が可能となる。

さて、この状態 ( $t_p = 3 \mu m$ 、 $t_v = 5 \mu m$  の状態) で液体を噴射させるための手段として、液室の奥行き方向長さ  $W$  を更に大きくすることが考えられる。しかしながらそのような構成にすれば、液体噴射ヘッドが平面的に非常に大型化してしまい、実用的な範囲を逸脱してしまう。また、 $W$  が大きくなった場合、液室内の流路抵抗が大きくなり、液体噴射ヘッドの動作速度が低下する。従って、液体噴射ヘッドの平面的な小型化、高速動作化に対しては、上記の実験結果から、

$$t_p \geq t_v \quad \text{及び} \quad W/L \leq 150$$

とするのが望ましい。

また、 $L = 200 \mu m$ 、 $t_p = 4 \mu m$ 、 $t_v = 2 \mu m$ において、 $W = 2000 \mu m$ では液体噴射し、 $W = 1000 \mu m$ では液体噴射しない。これは、 $W = 1000 \mu m$ では、液体噴射させるだけの液室の奥行き長さが短すぎるためである。従って、 $L = 200 \mu m$ 以下として高密度で液室を配列し、ノズルを高密度化する場合、 $W/L \geq 10$ とすることが必要であることがわかった。

以上述べた液体噴射ヘッドの特徴をまとめると、以下のようになる。

圧電膜 105 に PZT を用いていることにより、液体噴射効率がよい。PZT は、圧電材料の中でも圧電ひずみ定数が大きく、本実施例における PZT においても  $d_{31} = 150 \text{ pC/N}$  が達成されている。本発明における PZT は、その組成や、上述した実施例において添加されている添加物の種類、量、更に固溶させることのできる化合物の種類、量を上記実施例において限定されているものではない。また、その形成方法も上記方法に限定される必要はない。

液室 102 の配列ピッチを、ノズル 109 の配列ピッチと同一にしているため、前記液室とノズルを結ぶ液体流路 108 を引き回すスペースが不要となり、液体噴射ヘッドの小型化が可能となり、更にはノズル数を増やしても液体噴射ヘッドの大型化を招くことがない。

$10 \leq W/L \leq 150$  かつ  $t_p \geq t_v$  かつ  $0.012 \leq (t_p + t_v)/L < 0.08$  とすることにより、薄い振動板 103 及び PZT 膜 105 を用いて狭い幅の液室を形成しても液体噴射が可能となり、液体噴射ヘッドの小型化、そのノズル高密度化が可能となる。

基板 101 を面方位 (110) の単結晶珪素とし、液室 102 の奥行き方向を  $\langle 112 \rangle$  または  $\langle \bar{1}12 \rangle$  方向とすることにより、液室 102 の奥行き方向の辺を形成する側壁の面を (111) 面とすることができるため、 $300 \mu\text{m}$  の深さの液室を配列方向のサイドエッチング  $1 \mu\text{m}$  程度に抑えて形成することができ、液室寸法の高精度化が可能となる。

$L_u \leq L_p < L_l$  とすることにより、製造プロセス上の問題がなく、リーク電流が抑えられた圧電素子を構成することが可能となる。

$L > L_u$  とすることにより、振動板の変形を効率的に行なうことができるようになり、その結果効率的な液体噴射が可能となる。

$W < W_u < W_p < W_l$  とすることにより、製造プロセス上の問題がなく、リーク電流が抑えられた圧電素子を構成することが可能となると共に、上電極からの電極取り出しが容易となる。

圧電素子及び液室 102 が形成された第 1 の基板 101 と液体流路 108 が形成された第 2 の基板 107 を、液室と液体流路が連通するように接合一体化する

構成としたことにより、液体流路の形状、深さを制御することが容易となり、また、液体流路と液室との接点形状を一定とすることが可能となり、その設計上の自由度を向上させることが可能となると共に、気泡溜まりや液体噴射特性のばらつきの原因を除去することが可能となる。

第1の基板101と第2の基板107を接合した断面の開口部をノズルとしたことにより、別部品として必要であった高価なノズル板が不要となる。

圧電素子を形成した後、この側の面を保護する手段を設けて、反対側の面から液室を形成する製造方法としたことにより、薄い振動板及びPZTを用いても歩留まり良く液体噴射ヘッドが形成可能となる。本実施例においては、圧電素子側の面を保護する手段は治具によるものであるが、その手段はこれに限定されることなく、フォトリソを厚く塗布する等、他の手段を用いても良い。

液室が形成された第1の基板101の液室開口部側に、液体流路が形成された第2の基板107を接合する製造方法としたことにより、基板101の封止用に1枚の基板（第2の基板）を用いて1回の接着工程で済ませることが可能となり、液体噴射ヘッドの低価格化が可能となる。

基板101上に酸化珪素層201を形成し、液室102を形成する工程と同一工程またはその後に液室102に接して成る酸化珪素層201を除去する製造方法としたことにより、製造プロセス中における振動板103の割れや剥がれを防ぐことが可能となり、液体噴射ヘッドの製造歩留まりが向上する。更に振動板振動時に残留する酸化珪素層201の影響を除去することが可能となり、液体噴射特性の向上が可能となる。

#### （実施例2）

振動板103の材料についての知見を得るため、第2図(c)の構造において、振動板材料を変え、液室中央部における振動板の変形量を調べた。下電極104は全くパターニングを行わず、基板101全面に存在する構成とした。条件としては、 $L = 100 \mu\text{m}$ 、 $L_p = 94 \mu\text{m}$ 、 $L_u = 88 \mu\text{m}$ 、 $W = 15 \text{mm}$ 、 $t_p = 3 \mu\text{m}$ 、 $t_v = 1 \mu\text{m}$ で上下電極間の印加電圧は30Vとした。

振動板103の材料としては、上述の実施例1で使用した窒化珪素に加え、熱酸化法により形成した酸化珪素、ホウ素を $10^{21} \text{cm}^{-3}$ 熱拡散させた珪素、スバ

ッタリング法により形成した酸化ジルコニウム、及び酸化アルミニウムの5種類を用いた。結果を以下の表3に示す。

振動板材料	ヤング率 ( $\times 10^{11} \text{N/m}^2$ )	変形量 ( $\mu\text{m}$ )
酸化珪素	0.7	0.2
珪素	1.7	0.5
酸化ジルコニウム	2.7	0.6
窒化珪素	3.1	0.7
酸化アルミニウム	3.9	0.9

【表3】

以上の結果より、振動板103のヤング率が高いほど振動板変形量は大きくなる。これは、振動板103のヤング率が小さいと、圧電薄膜が横方向に変形する時、同時に横方向に大きく伸びてしまい、縦方向への変形がそれほど大きくなり示しているものである。効率的に振動板を変形させ、液体を噴射させるためには、ヤング率の大きな振動板を用いることが必要である。

上記結果より近似的に振動板103による液室の排除体積を見積もってみると、酸化珪素を用いた場合  $1.5 \times 10^{-13} \text{ m}^3$  となり、水系インクを用いて液体噴射を行う場合に対して必要な排除体積ぎりぎりのところである。従って、振動板のヤング率を  $1 \times 10^{11} \text{N/m}^2$  以上とすれば、余裕を持って液体噴射させることが可能となり、更には、 $2 \times 10^{11} \text{N/m}^2$  以上とすれば、振動板変形量が格段に増大し、液室の奥行き方向長さWを減少させることができ、液体噴射ヘッド

の小型化、動作の高速化が可能となる。

以上の結果によれば、振動板材料として、ヤング率の大きい酸化ジルコニウム、窒化珪素、酸化アルミニウムが望ましいことがわかる。この他に、窒化チタン、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化タンタル、窒化タングステン、窒化ジルコニウム、酸化チタン、炭化珪素、炭化チタン、炭化タングステン、炭化タンタルは、ヤング率が  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上であり、望ましい振動板材料といえる。

更に、前記材料を主成分として他の成分が添加されていても良いし、前記材料を2種類以上含んだ材料でもよい。例えば、炭化タングステンが主成分で、炭化チタン、炭化タンタル、コバルトを微量添加した超硬合金や、炭化チタンや炭化窒化チタンを主成分とし、不純物を微量添加したサーメットを振動板に用いて良い。

### (実施例3)

第5図は、本発明の実施例における、振動板を積層構造とした液体噴射ヘッドにおける、圧電素子、液室を形成した基板の断面図である。

同図において、501はヤング率が  $1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上、望ましくは  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上の材料層であり、前記(実施例1)と同様窒化珪素を用いた。502は酸化珪素層であり、窒化珪素層501を形成したPECVD装置において、窒化珪素層501を形成した後に連続形成した。これ以外の要素は実施例1と同様である。

この酸化珪素層502を設けることにより、下電極104と振動板との密着性が強化された。また、製造プロセス中の熱処理時に起こるPZT膜105に加わる応力を緩和することができるので、製造歩留まりを向上することが可能である。窒化珪素層501を  $1 \mu\text{m}$ 、酸化珪素層502を  $1000 \text{ \AA}$  とした時の液体噴射特性は、実施例1中の表2に示すものと変わらず、酸化珪素層502を設けることによる液体噴射特性の劣化はなかった。

本実施例は、PZT膜形成時またはそれ以降の処理温度を  $710^\circ\text{C}$  以下として適用するのが望ましい。これは、PZT膜中の鉛が下電極104を通して振動板の酸化珪素層502へ拡散することによるものである。通常、酸化珪素はこの温度領域では固体状態であるが、鉛が拡散された酸化珪素は  $714^\circ\text{C}$  以上で液体と

なってしまう、これが外部に噴出して液体噴射ヘッドを破壊してしまうためである。

(実施例 4)

第 6 図は、振動板と下電極の間に酸化アルミニウム層を挿入した液体噴射ヘッドにおける、圧電素子、液室を形成した基板の断面図である。

図において、窒化珪素層 501、酸化珪素層 502 より成る振動板上に、酸化アルミニウム層 601 をスパッタリング法により厚み 1000 Å で形成し、その上部から下電極 104 を形成する。それ以外は実施例 3 と同様である。

酸化アルミニウム層 601 を形成することにより、上記実施例 3 中において述べた PZT 中の鉛の振動板への拡散が抑えられる。このことにより、710℃以上の高温熱処理を行なっても、酸化珪素層 502 の外部噴出による液体噴射ヘッドの破壊を防止することができ、液体噴射ヘッドの製造歩留まりを向上させることができる。更には、710℃以上の高温かつ効率的な熱処理が可能となるため、PZT 膜の圧電特性を一層向上させることが可能となり、液体噴射特性の向上を図ることができる。

酸化アルミニウム層 601 を設けたことによる効果は他の材料を用いても得られることが判明した。実験の結果、上記酸化アルミニウム以外では、酸化ジルコニウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化チタンを用いてもその効果は同様に確認された。また、これらを主成分とし添加物を加えた材料や、これらの材料を 2 種以上含むものを主成分とする材料も同様に適用可能である。さらに、この効果は、表面に酸化珪素層を設けた振動板構成のみならず、ホウ素を混入した単結晶珪素振動板においても確認された。

(実施例 5)

本発明者らは、下電極 104 の構成を決定するため、以下の実験を行った。

酸化珪素層を設けた単結晶珪素基板上に、下電極 104 としてチタンと白金をスパッタリング法でこの順に連続形成した。白金の厚みは 2000 Å、チタンの厚みは 50 Å から 1000 Å まで変化させた。なお、チタンは、電極材料の白金と振動板材料の酸化珪素層との密着性を高めるために必要なものである。

その上から、実施例 1 中に示す方法で PZT を膜厚 1 μm に形成し、酸素雰囲気

気中で600℃の熱処理を4時間行い、更に上電極としてアルミニウムを3mm角の大きさにマスク蒸着して形成した。

このサンプルにおいて、上下電極間に電圧を印加し、PZT膜の耐電圧特性を評価した。ここで、PZT膜の耐電圧の定義としては、リーク電流が100nA流れたときの印加電圧とした。その結果を表4に示す。

チタン膜厚 (Å)	耐電圧 (V)
1000	8
200	14
100	18
80	30
50	50

【表4】

以上の結果より、チタン膜厚とPZT膜の耐電圧には相関関係があり、チタン膜厚が薄くなれば耐電圧が増すことがわかる。また、本発明者らの観測によれば、白金表面に微小な突起が生じていて、この突起の密度がチタン膜厚を厚くすると共に大きくなっていた。例えば、チタン50Åにおいては20000個/mm<sup>2</sup>程度であったものが、チタン200Åにおいては210000個/mm<sup>2</sup>程度となっていることが観測された。このことから、熱処理によって形成される白金表面の微小な突起が、PZT膜の耐電圧を低下させているものと考えられる。

チタン膜厚を100Åから80Åに下げることにより、PZT膜の耐電圧は1

8 Vから30 Vへと大きく向上した。P Z T膜の耐電圧が向上すれば、印加電圧を高くすることができるようになり、液体噴射ヘッドにおける、液体噴射特性を向上させることが可能となる。また、P Z T膜を薄くした状態においても液体噴射が可能となり、製造上の生産性も向上させることが可能となる。

この耐電圧値としては、10 V以下では実用には耐えられず、20 V程度でもまだ不十分であるが、20 Vを大きく越えれば実用領域とみなすことができる。上記の実験結果によると、チタン膜厚が80 Å以下になるとP Z T膜の耐電圧が格段に向上しているのがわかる。従って、チタン膜厚を80 Å以下とすることが望ましく、本発明者らは、上述した実施例においてもチタン膜厚を50 Åとしている。

以上の本実施例においては、厚み80 Å以下のチタン上に設ける電極材料を白金としているが、これは、白金を含む合金としてよい。本発明者らは酸化珪素層を設けた単結晶珪素基板にチタンを50 Å、更に白金70 at% - イリジウム30 at%の合金をスパッタリング法で連続形成し、酸素雰囲気中で600°Cの熱処理を4時間行ってみた。熱処理後のこの合金表面を800倍で顕微鏡観察してみたところ、前記表面の微小突起は全く観察されなかった。前記実施例と同様にP Z T膜を形成し耐電圧を測定したところ、70 Vという結果が得られ、更に特性の向上がみられた。

また、振動板の材料としても酸化珪素層を設けた単結晶珪素に限られたわけではなく、上述した実施例で挙げられた材料であれば適用可能である。

#### (実施例6)

第7図は、液室内表面に親水性材料層を形成した液体噴射ヘッドにおける、圧電素子、液室を形成した基板の断面図である。

同図において、701が親水性材料層である。本実施例における製造方法は実施例1に示すものとほぼ同一であるが、保護膜203の形成前に単結晶珪素基板101の異方性エッチングを行い、その後800°C程度の温度で基板101表面を熱酸化することにより、親水性材料層701として酸化珪素を形成する点が実施例1と異なっている。その後、圧電素子側の面に保護膜203を形成する。

親水性材料層701の形成方法としては、SOG (Spin On Glass) 法等で振動

板 1 0 3 下も覆うように酸化珪素を形成してもよいし、更には、液体噴射ヘッド組立後に親水性材料粒子を混ぜた液体を液体流路や液室を通し、液体流路や液室表面に親水性材料粒子を残すようにしてもよい。

このような構成とした場合、液体に水性インク等の、水をベースとした材料を用いた時、液室や液体流路と液体の濡れ性が向上し、気泡の発生が少なくなる。同時に、第 2 の基板 1 0 7 にもガラス等の親水性材料を用いれば、更にこの効果は向上する。

(実施例 7)

第 8 図 (a)、(b) は、第 2 の基板 1 0 7 にノズルを形成した液体噴射ヘッドにおける、平面図及び断面図である。

図において、液体流路 1 0 8 を形成した第 2 の基板 1 0 7 に、ノズル 8 0 1 を形成し、第 1 の基板 1 0 1 と接合した構成となっている。ノズル 8 0 1 は、エキシマレーザーを照射することにより形成すればよい。

このような構成とすることにより、第 8 図 (a) に示すように液室 1 0 2 を千鳥状に配置し、しかもノズル 8 0 1 を一直線上に配置することが可能となる。従って、ノズル 8 0 1 の配列ピッチを液室 1 0 2 の配列ピッチの半分とすることができ、液室寸法を上述した実施例 1 と同様に  $100\mu\text{m}$  とした場合、ノズル 8 0 1 を  $400\text{DPI}$  程度の密度で配置することが可能となる。すなわち、ノズル 8 0 1 の更なる高密度化が可能となる。また、一直線上に配置できるので、インク等の液体を紙などの媒体上に記録する場合、ドットずれが起こらず高品位の印字が可能となる。

(実施例 8)

第 9 図は、本発明の液体噴射ヘッドを用いた液体噴射記録装置の概念図である。

図において、複数のノズルを有する液体噴射ヘッド 9 0 1 は、図示しない制御回路と接続されており、この制御回路によって液体噴射ヘッド 9 0 1 が適切に駆動され選択的にインクが噴射されるようになっている。そして、この液体噴射ヘッド 9 0 1 と対向した位置にある記録用紙 9 0 9 上に、文字・画像などの情報がインク滴によるドットの集合体として記録されるように構成されている。

また、液体噴射ヘッド 9 0 1 には、インクを貯蔵しているカートリッジ 9 0 2

が接続形成されており、更にガイドレール903及び送りベルト904がカートリッジ902に接続されている。送りローラ905が回転すると、送りベルト904が駆動され、ガイドレール903に沿って液体噴射ヘッド901及びカートリッジ902が移動する仕組みになっている。

一方、記録用紙909は、挟持ローラ907と紙送りローラ908によりプラテン906に密着するようになっている。液体噴射ヘッド901を主走査方向（ガイドレール903により液体噴射ヘッド901が移動する方向）に走査し、記録を終えたら紙送りローラ908をステップ回転させ、再び液体噴射ヘッド901からインクを噴射し、次の記録を始めるようになっている。

この記録装置は、以上説明してきた液体噴射ヘッドの特徴や効果をそのまま有するものとなる。

本実施例においては、インクが噴射される媒体として記録用紙を用いたが、もちろんこれに限られるわけではなく、布地等であってもよい。また、金属・樹脂・木材等の立体物を用いてもよい。

#### 【産業上の利用可能性】

以上説明したように、本発明の液体噴射ヘッドは、紙・金属・樹脂・布地等の記録媒体上にインクを用いて文字・画像情報を記録する液体噴射記録装置に好適に用いられる。

さらに、小型、高密度、改善された特性という特徴を活かし、小型かつ高性能の液体噴射記録装置に用いられる記録ヘッドとして最適である。

## 請 求 の 範 囲

1. 噴射すべき液体を保持するための液室が形成された基板、ノズル、液体流路、前記液室上に形成された振動板、前記振動板上に形成された下電極、圧電膜、上電極より成る圧電素子を具備し、前記液室、ノズル、液体流路、振動板、圧電素子が複数個配列されて成り、前記圧電素子を駆動し振動板をたわませ液室の体積を変化させることにより、液体流路を介して液室内に供給された液体をノズルより外部に噴射させる液体噴射ヘッドにおいて、

前記圧電膜にPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）を用い、前記液室の配列ピッチを前記ノズルの配列ピッチと同一にし、

さらに、前記液室の配列方向長さをL、前記液室の奥行き方向長さをW、前記PZTの厚みを $t_p$ 、前記振動板の厚みを $t_v$ とした時、以下の関係を満たすことを特徴とする液体噴射ヘッド。

$$1) \quad 10 \leq W/L \leq 150$$

$$2) \quad t_p \geq t_v$$

$$3) \quad 0.012 \leq (t_p + t_v)/L < 0.08$$

2. 液室が形成された基板が、面方位(110)の単結晶珪素から成り、前記液室の奥行き方向を $\langle 112 \rangle$ または $\langle 1\bar{1}2 \rangle$ 方向としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。

3. 液室の配列方向における上電極の長さ $L_u$ 、液室の配列方向における圧電膜の長さ $L_p$ 、液室の配列方向における下電極の長さ $L_l$ との関係を

$$L_u \leq L_p < L_l$$

としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。

4. 液室の配列方向長さLと、液室の配列方向における上電極の長さ $L_u$ との関係を

$$L > L_u$$

としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。

5. 液室の奥行き方向における上電極の長さ $W_u$ 、液室の奥行き方向における圧電膜の長さ $W_p$ 、液室の奥行き方向における下電極の長さ $W_l$ 、及び液室の奥

行き方向長さWとの関係を

$$W < W_u < W_p < W_l$$

としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。

6. 振動板のヤング率を  $1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。
7. 振動板のヤング率を  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。
8. 振動板を、窒化珪素、窒化チタン、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化タンタル、窒化タングステン、窒化ジルコニウム、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、炭化珪素、炭化チタン、炭化タングステン、炭化タンタルのいずれかを主成分とする材料、または、前記材料を2種類以上含むものを主成分とする材料としたことを特徴とする請求の範囲第6項または第7項記載の液体噴射ヘッド。
9. 振動板を、ヤング率が  $1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上の材料層と、酸化珪素層との積層構造とし、前記酸化珪素層を前記ヤング率が  $1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上の材料層の上下の内少なくとも一方に配置することを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。
10. 振動板を、ヤング率が  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上の材料層と、酸化珪素層との積層構造とし、前記酸化珪素層を前記ヤング率が  $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$  以上の材料層の上下の内少なくとも一方に配置することを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。
11. 振動板と下電極の間に、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化チタンのいずれかを主成分とする材料層、または、前記材料を2種以上含むものを主成分とする材料層を挿入したことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。
12. 下電極を2層構造とし、振動板に接する層をチタン、PZTに接する層を白金または白金を含む合金とし、前記チタンの厚みを  $80 \text{ \AA}$  以下としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の液体噴射ヘッド。
13. 噴射すべき液体を保持するための液室が形成された基板、ノズル、液体流

路、前記液室上に形成された振動板、前記振動板上に形成された下電極、圧電膜、上電極より成る圧電素子を具備し、前記液室、ノズル、液体流路、振動板、圧電素子が複数個配列されて成り、前記圧電素子を駆動し振動板をたわませ液室の体積を変化させることにより、液体流路を介して液室内に供給された液体をノズルより外部に噴射させる液体噴射ヘッドにおいて、

液室とその開口部を覆うようにして振動板、圧電素子がこの順序で形成されて成る第1の基板と、液体流路が形成されて成る第2の基板とを、前記第1の基板に形成された液室と前記第2の基板に形成された液体流路とが連通するように接合一体化して成ることを特徴とする液体噴射ヘッド。

14. 第1の基板が面方位(110)の単結晶珪素から成り、液室の奥行き方向を $\langle 112 \rangle$ または $\langle \bar{1}12 \rangle$ 方向としたことを特徴とする請求の範囲第13項記載の液体噴射ヘッド。

15. 液室の内表面に親水性材料層を形成して成ることを特徴とする請求の範囲第13項記載の液体噴射ヘッド。

16. 第1の基板と第2の基板とを接合した断面の開口部をノズルとしたことを特徴とする請求の範囲第13項記載の液体噴射ヘッド。

17. 第2の基板にノズルを形成して成ることを特徴とする請求の範囲第13項記載の液体噴射ヘッド。

18. 基板上に振動板を形成する工程、

前記振動板上に下電極、圧電膜、上電極と積層し圧電素子を形成する工程、

前記基板の前記圧電素子側の面を保護する手段を設け、前記基板の前記圧電素子と反対側の面の所定部分に液室を形成する工程、

を有することを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

19. 液室が形成された第1の基板の液室開口部側に、液体流路が形成された第2の基板を接合する工程を含むことを特徴とする請求の範囲第18項記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

20. 基板が面方位(110)の単結晶珪素から成り、液室の奥行き方向を $\langle 112 \rangle$ または $\langle \bar{1}12 \rangle$ 方向としたことを特徴とする請求の範囲第18項記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

21. 基板上に酸化珪素層を形成する工程、液室を形成する工程と同一工程またはその後に液室に接して成る酸化珪素層をエッチング除去する工程を含むことを特徴とする請求の範囲第18項記載の液体噴射ヘッドの製造方法。
22. 振動板に圧電素子を形成する工程内で圧電膜を加熱処理する第1加熱工程、基板に液室を形成した後、圧電膜を再加熱する第2加熱工程を含むことを特徴とする請求の範囲第18項記載の液体噴射ヘッドの製造方法。
23. 請求の範囲第1項または第13項に記載の液体噴射ヘッドを具備して成ることを特徴とする液体噴射記録装置。



図 1

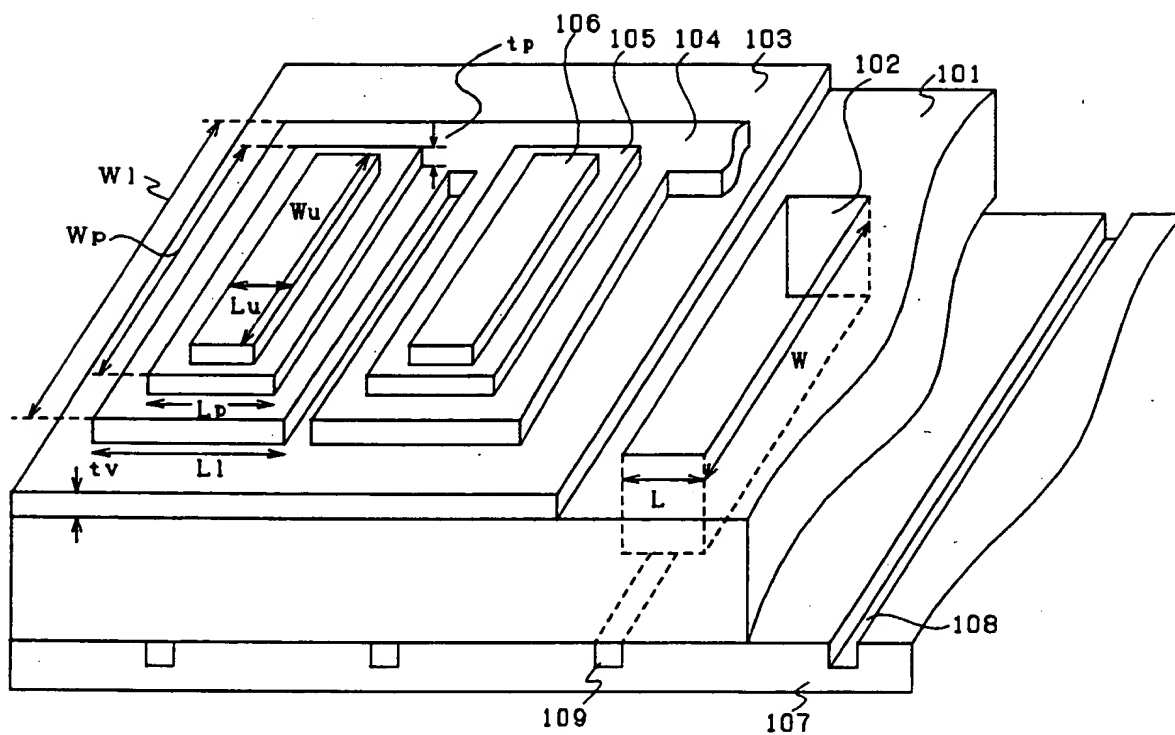
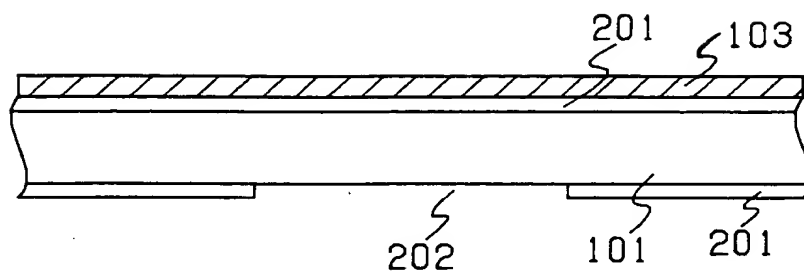
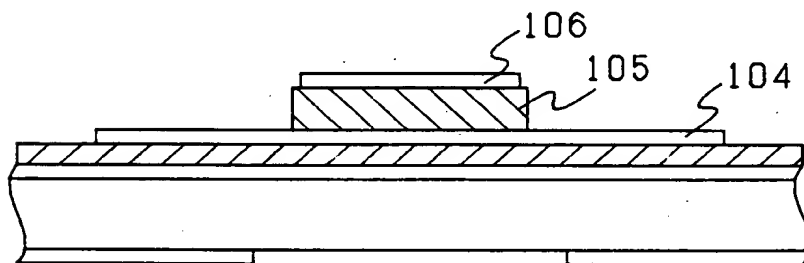


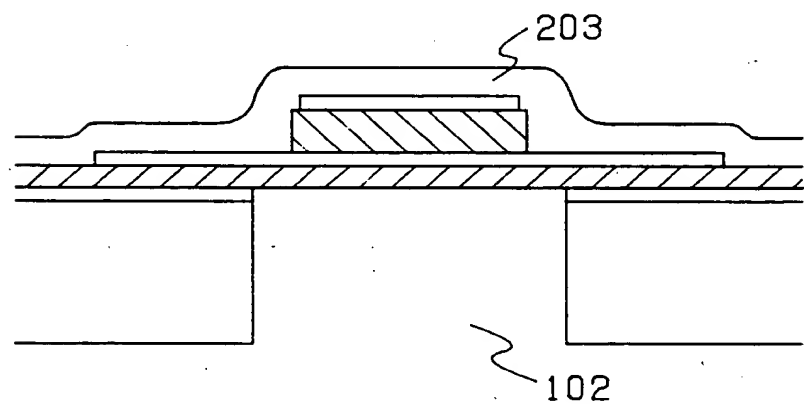
図 2



(a)

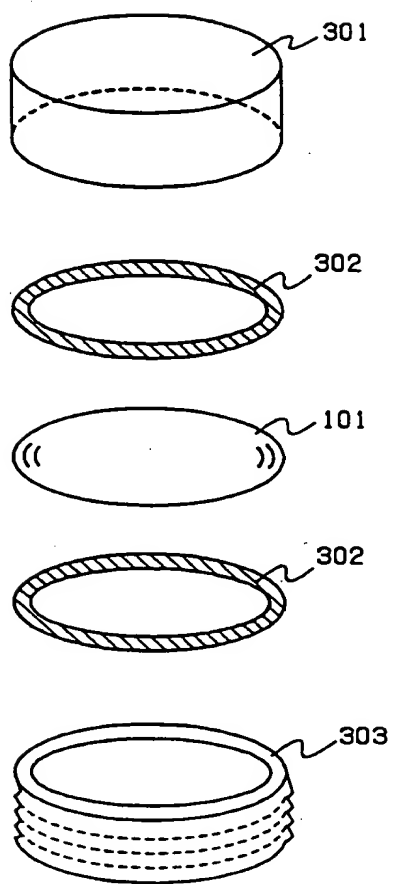


(b)

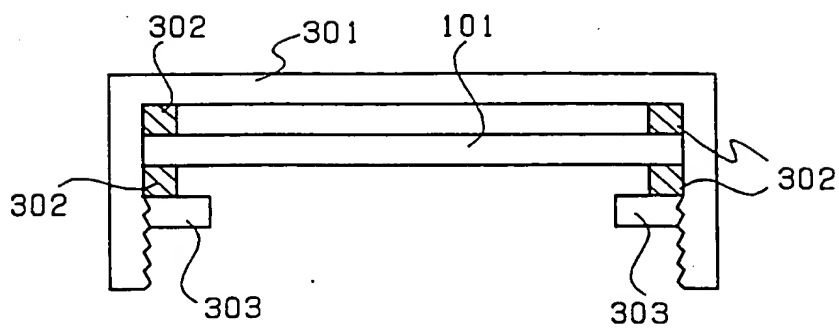


(c)

図3



(a)



(b)

図 4

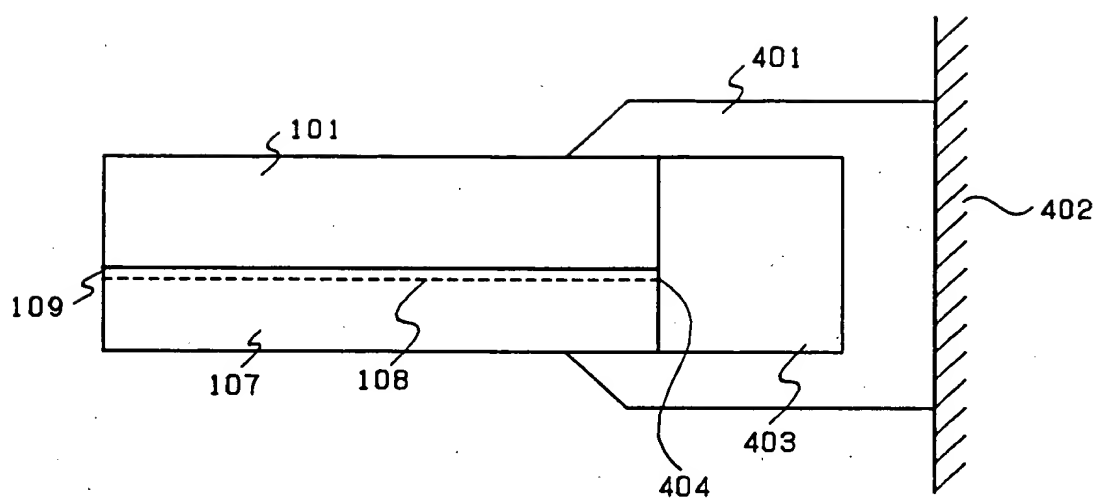


図 5

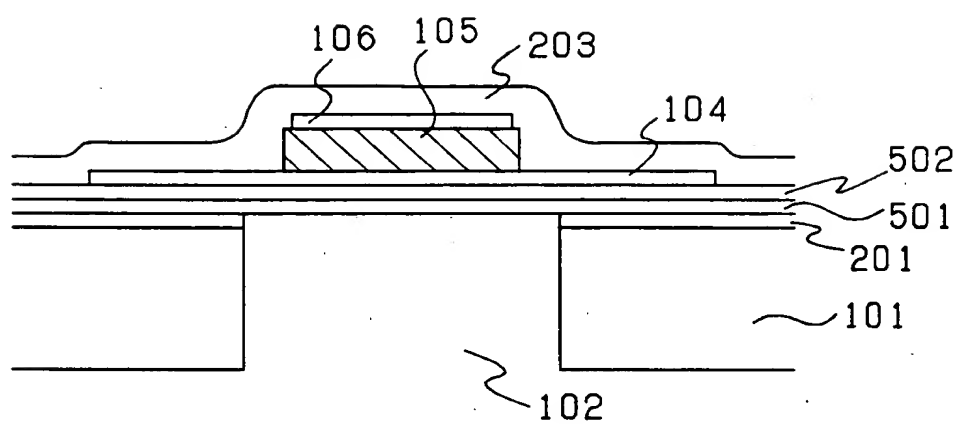


図 6

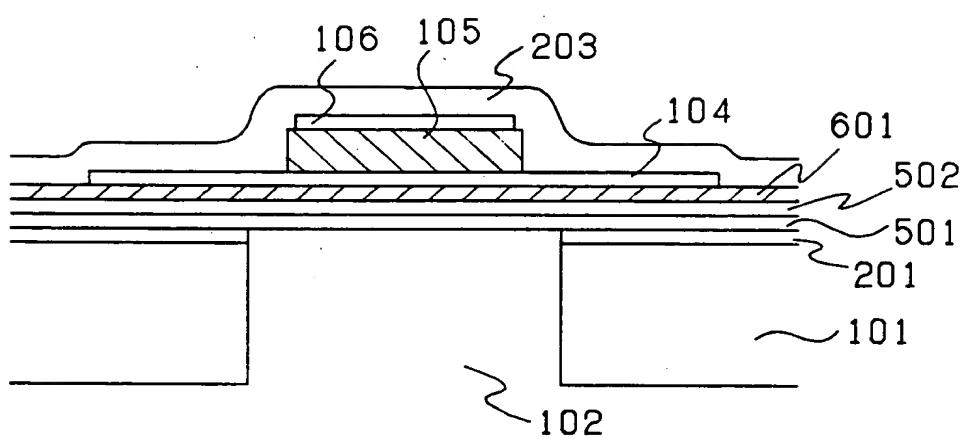
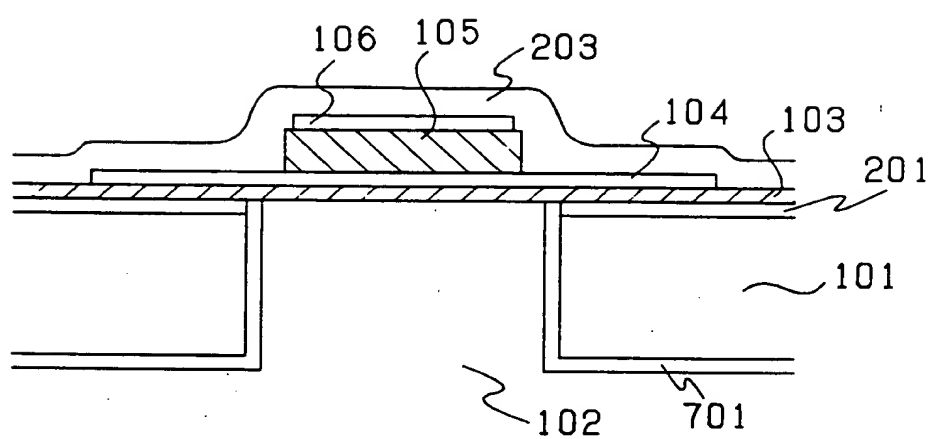
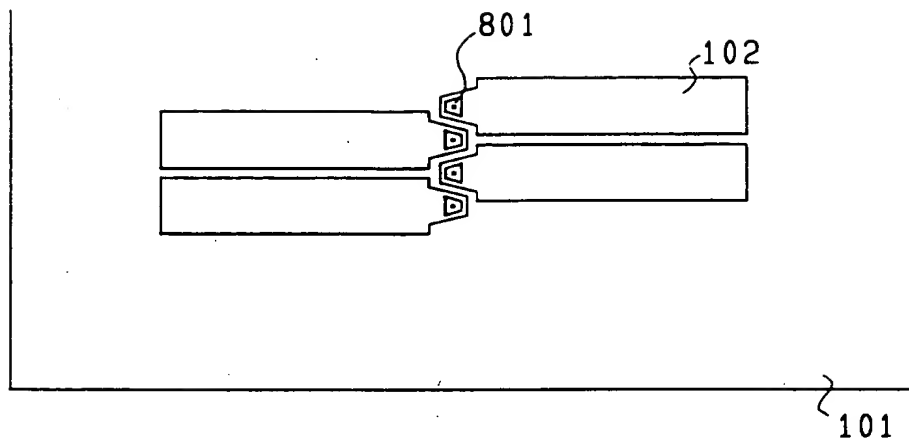


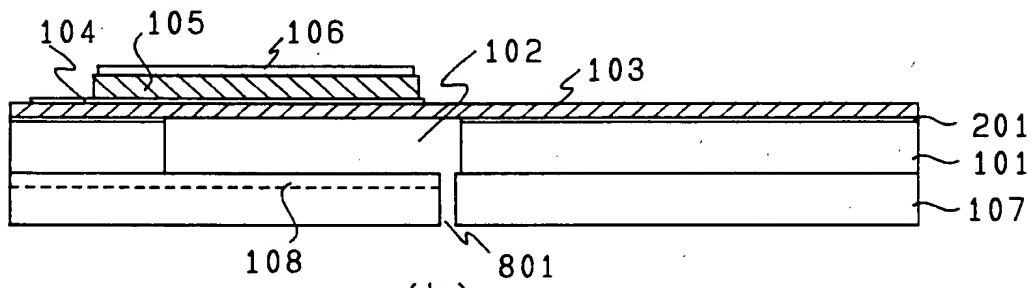
図 7



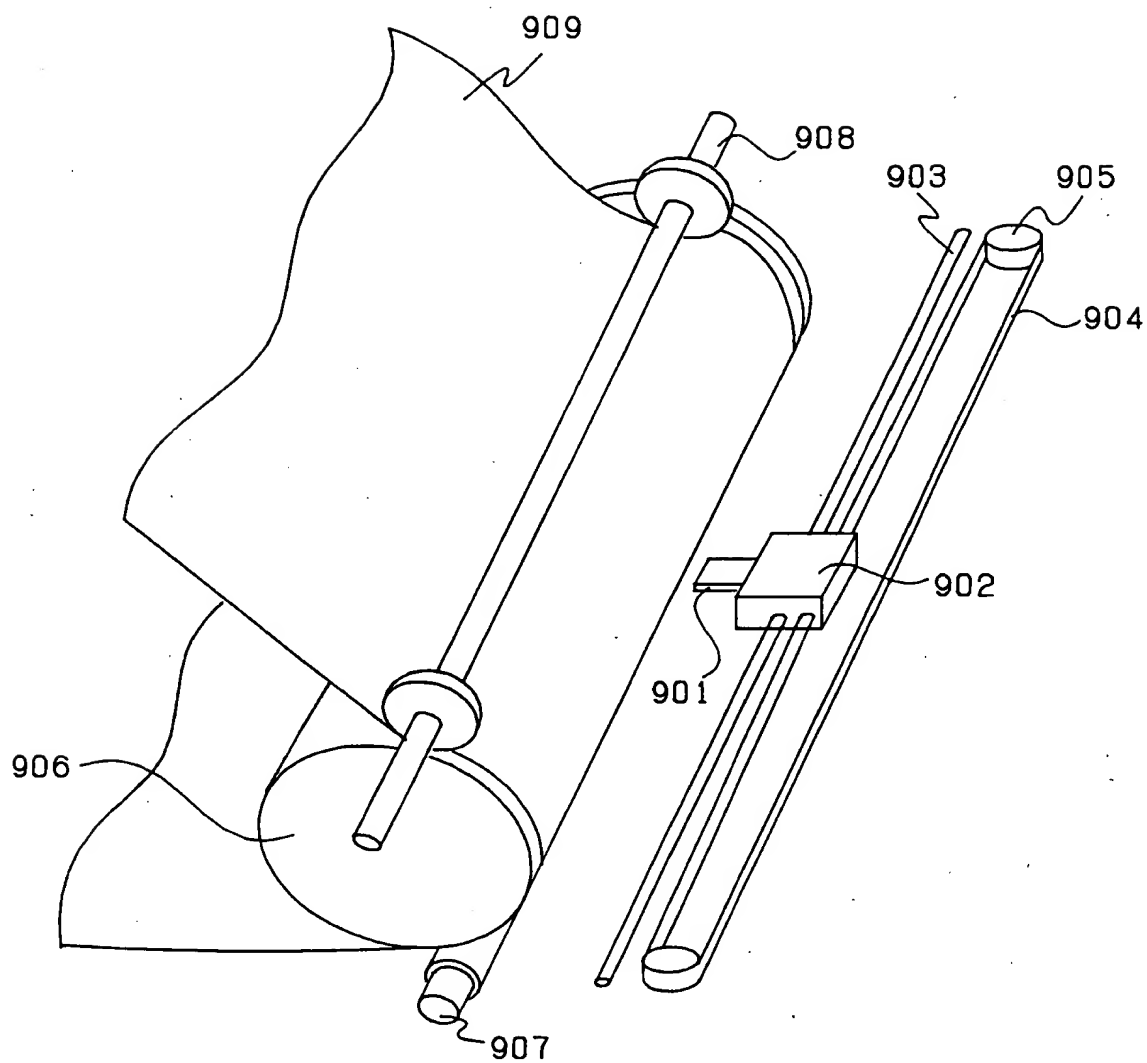
8



(a)



(b)



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**